



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Физический факультет

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ВАХ диода и RC-цепи.

Практикум выполнил:

Мамонтов

Владислав Эдуардович

Курс 1, группа 1

Преподаватель практикума:

Михаил Игоревич Банников

12 апреля 2021г.

# Содержание

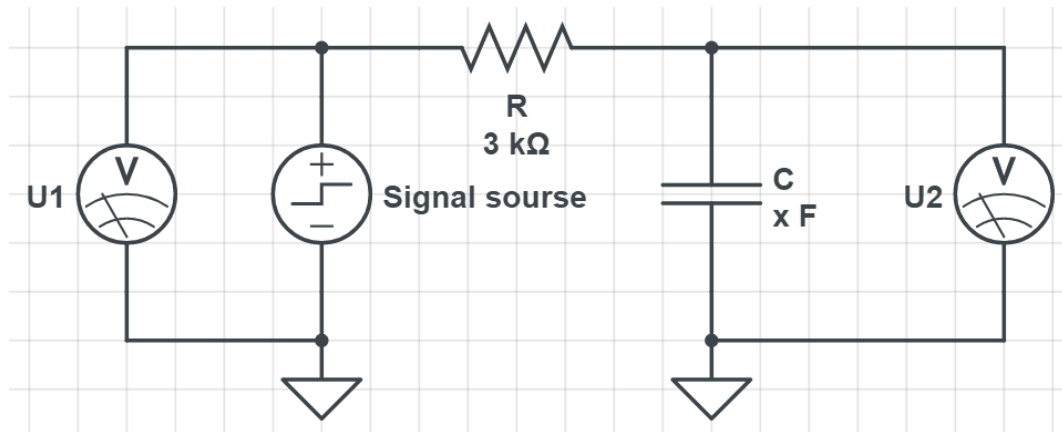
<b>1. RC-цепь</b>	<b>3</b>
1.1. Цель работы . . . . .	3
1.2. Схема цепи . . . . .	3
1.3. Теоретическая часть . . . . .	3
1.4. Ход работы и вычисления . . . . .	4
1.5. Вывод . . . . .	4
<b>2. Измерения диода</b>	<b>5</b>
2.1. Цель эксперимента . . . . .	5
2.2. Схема цепи . . . . .	5
2.3. Теория . . . . .	5
2.4. Графики . . . . .	6
2.5. Ход работы . . . . .	7
2.6. Вывод . . . . .	8

# 1. RC-цепь

## 1.1. Цель работы

В данной работе нужно сравнить теоретическое поведение заряжающегося конденсатора и то, что покажет эксперимент. Так как измерения проводятся достаточно точными приборами, если будет отклонение от теоретической зависимости, нужно будет найти где именно наша модель не применима к нашей установке.

## 1.2. Схема цепи



Резистор известного напряжения 3кОм;  
Генератор сигналов (осциллограф);  
Конденсатор неизвестной емкости;  
Два вольтметра

## 1.3. Теоретическая часть

По закону Киргхоффа для цепи:

$$U_1 = U_r + U_2; \quad (1)$$

$$U_r = I \cdot R, \quad I = \frac{dq}{dt}, \quad U_2 = \frac{q}{C}; \quad (2)$$

Получим Дифференциальное уравнение:

$$U_1 = \frac{dq}{dt} \cdot R + \frac{q}{C}; \quad (3)$$

$$dt = -\frac{d(U_1 - \frac{q}{C})}{U_1 - \frac{q}{C}} \cdot RC; \quad (4)$$

$$-\frac{t}{RC} = \ln(U_1 - \frac{q}{C}) + c \quad (5)$$

$$c \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = U_1 - \frac{q}{C} \quad (6)$$

Найдем константу, решив задачу Коши:  $q(0) = 0$

$$c = U_1 \quad (7)$$

Общее уравнение описывающие поведение цепи от времени:

$$\frac{q}{C} = U_1(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (8)$$

## 1.4. Ход работы и вычисления

Будем генерировать ступенчатый сигнал, период которого будет достаточен для того, чтобы конденсатор успел зарядиться до значимой доли от максимального заряда (из теории видно, что времени, равного  $5RC$  должно быть вполне достаточно.)

Снимем зависимость показания  $U_1(t)$  - подаваемого напряжения от времени и  $U_2(t) = \frac{q(t)}{C}$ . Подгоним получившиеся точки теоретической зависимостью:

$$y = a(1 - e^{-x/b})$$

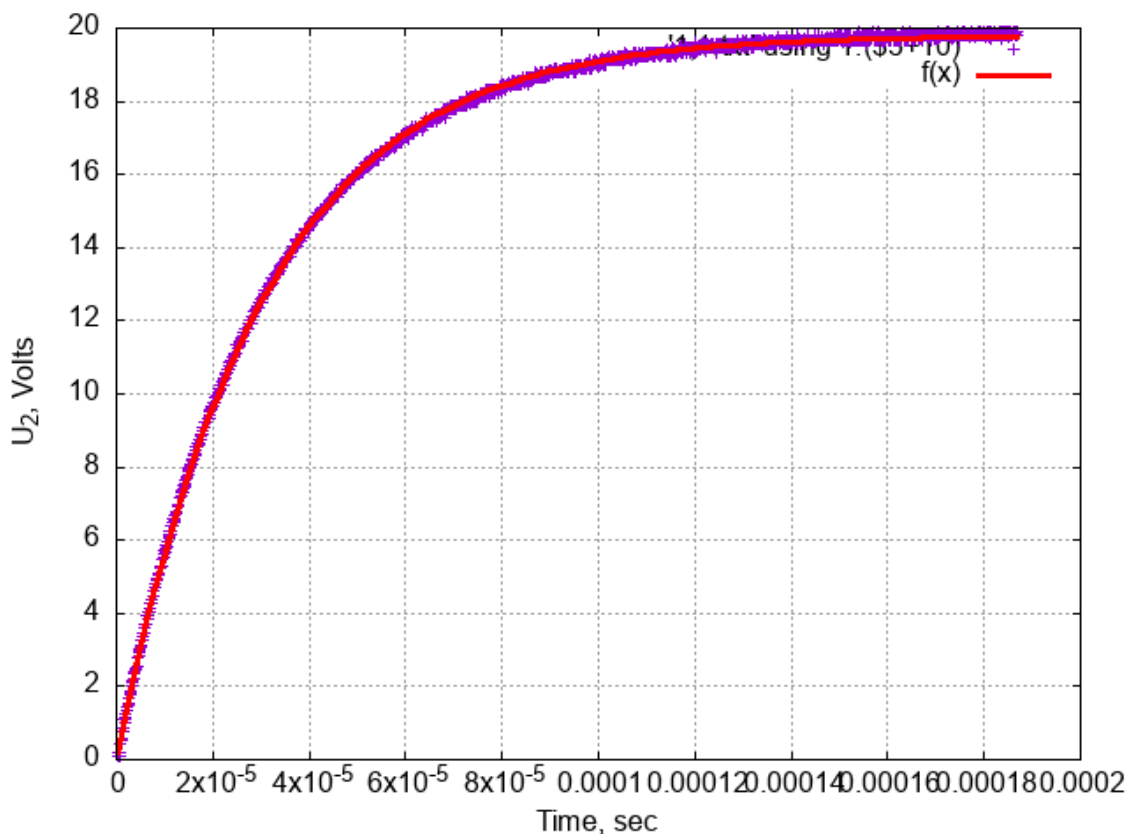


Рис. 1. График зависимости  $U_2(t)$

Подгоночная кривая очень хорошо описывает положение экспериментальных точек. Откуда найдем  $a = U_1 = 19,8B$ ,  $b = RC = 3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{c}$ , измерения получились настолько точными, что погрешность посчитанная методом наименьших квадратов на много порядков отличается от получившегося значения.

$$\Rightarrow C = \frac{b}{R} = 10^{-8}F = 10nF$$

## 1.5. Вывод

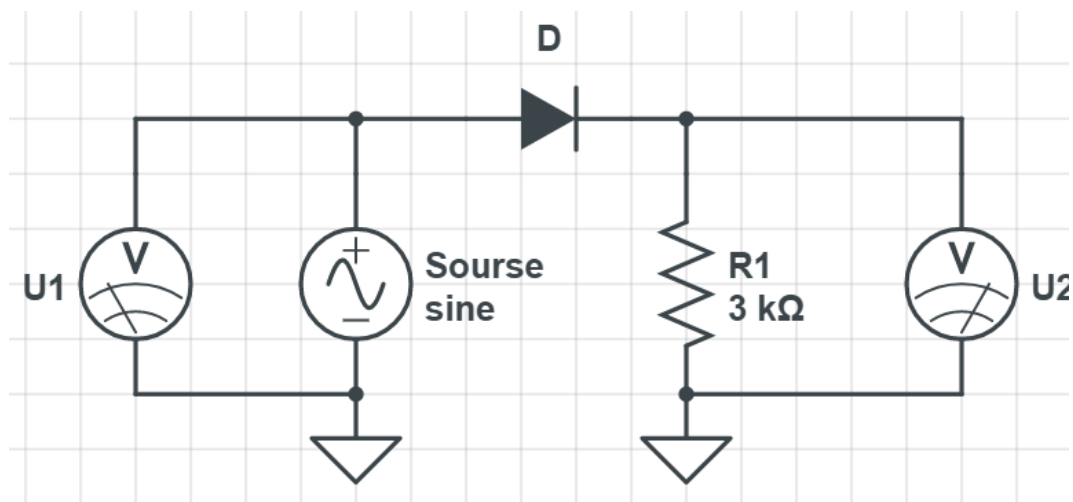
Теоретическая модель дала точный прогноз эксперименту. Из-за высокой точности измерительных приборов и большого количества собранных данных фактическая погрешность измерения емкости конденсатора получилась даже значительно меньше, чем погрешность, допустимая при изготовлении этих самых конденсаторов (0.1% против 10%) то есть можно считать, что получено точное значение емкости конкретного конденсатора, не зависающая от случайной ошибки при производстве.

## 2. Измерения диода

### 2.1. Цель эксперимента

Теоретическая модель идеального диода предполагает, что ни при каких значениях напряжения на диоде, меньших входного напряжения, он не будет пропускать ток, а как только оно превысит входное напряжение диод сразу ведет себя как идеальный проводник. Цель данного эксперимента - проверить, насколько эта модель описывает поведение реальных диодов, а для этого необходимо снять их вольт-амперную характеристику.

### 2.2. Схема цепи



Резистор известного напряжения 3кОм;  
Генератор сигналов (осциллограф);  
Полупроводниковый элемент;  
Два вольтметра

### 2.3. Теория

По тому же закону Кирхгофа:

$$U_1 = U_D + U_2 = U_D + IR \quad (9)$$

$$I(U) = \frac{U_2}{R}(U_1 - U_2) \quad (10)$$

## 2.4. Графики

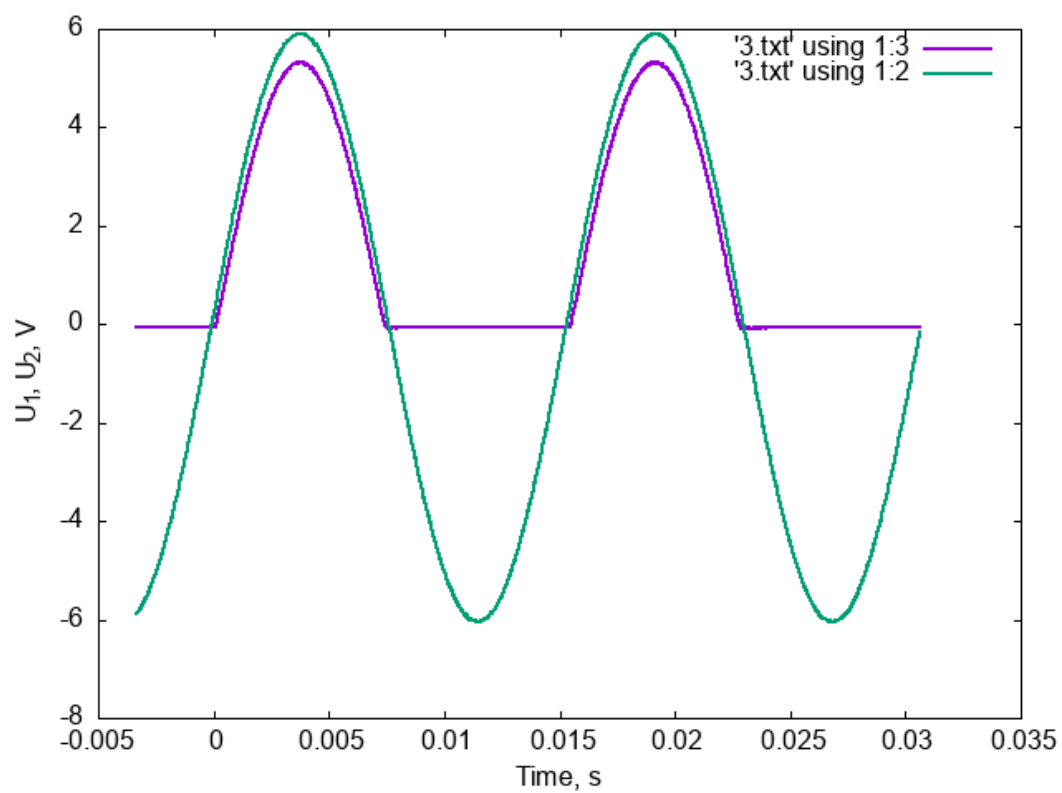


Рис. 2. График зависимости  $U_2, U_1(t)$

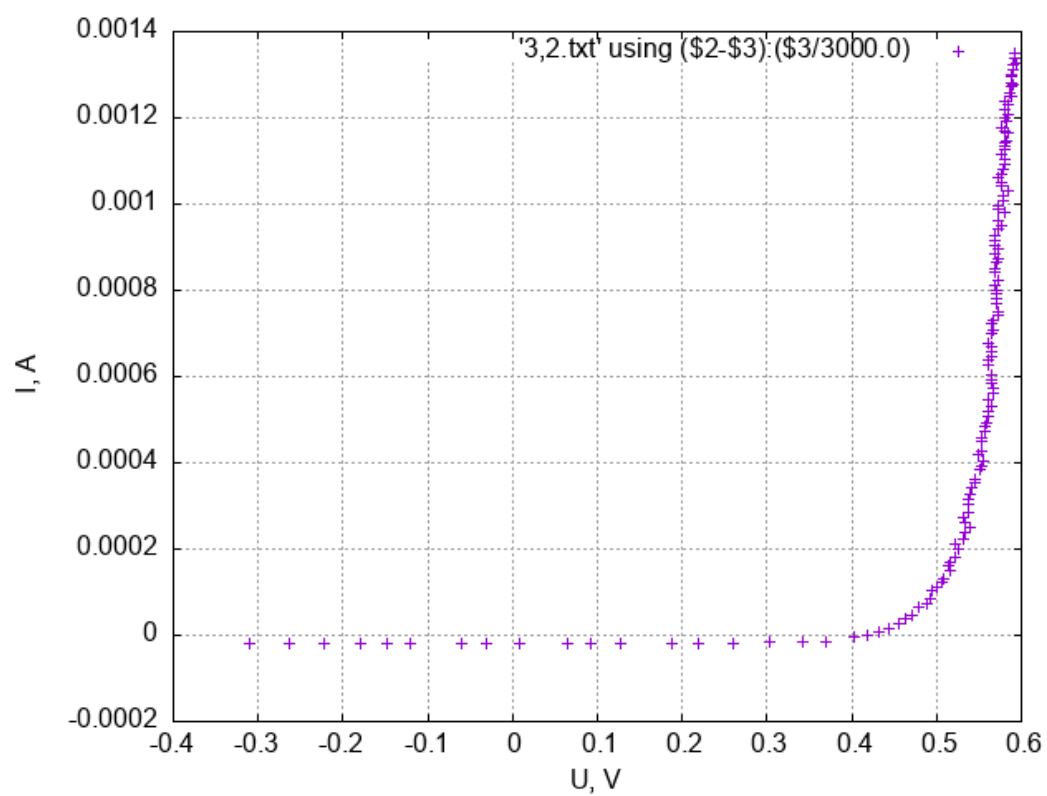


Рис. 3. ВАХ диода

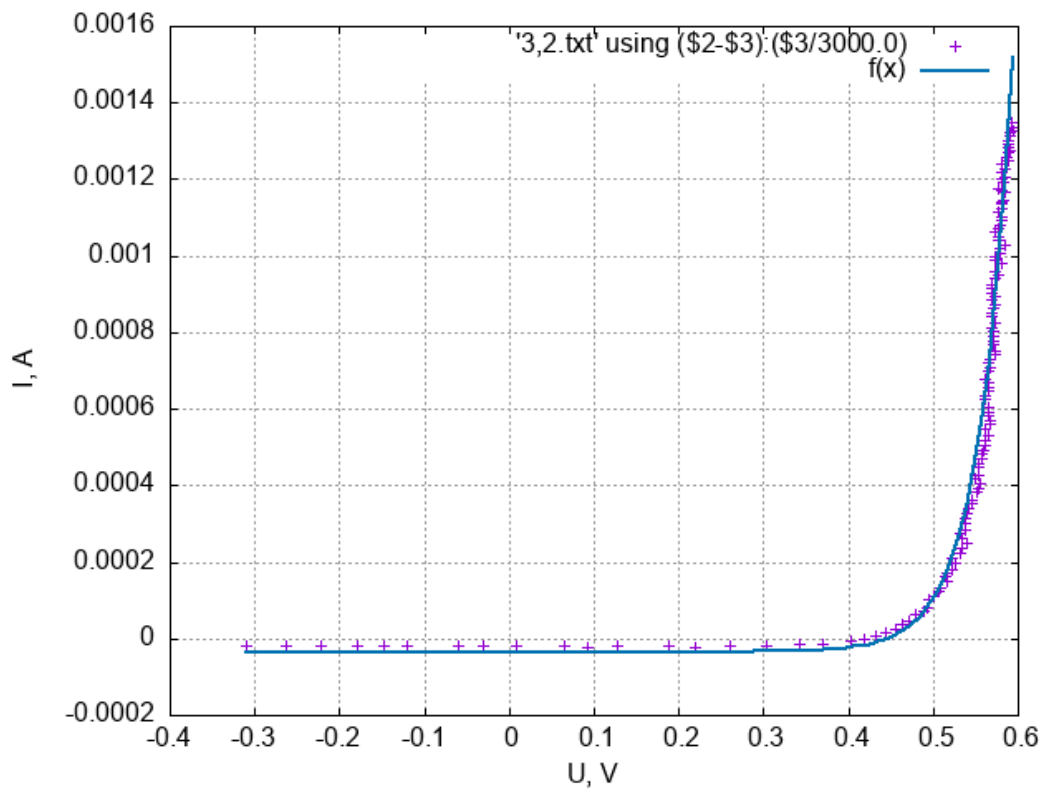


Рис. 4. ВАХ диода, с подгоночной кривой

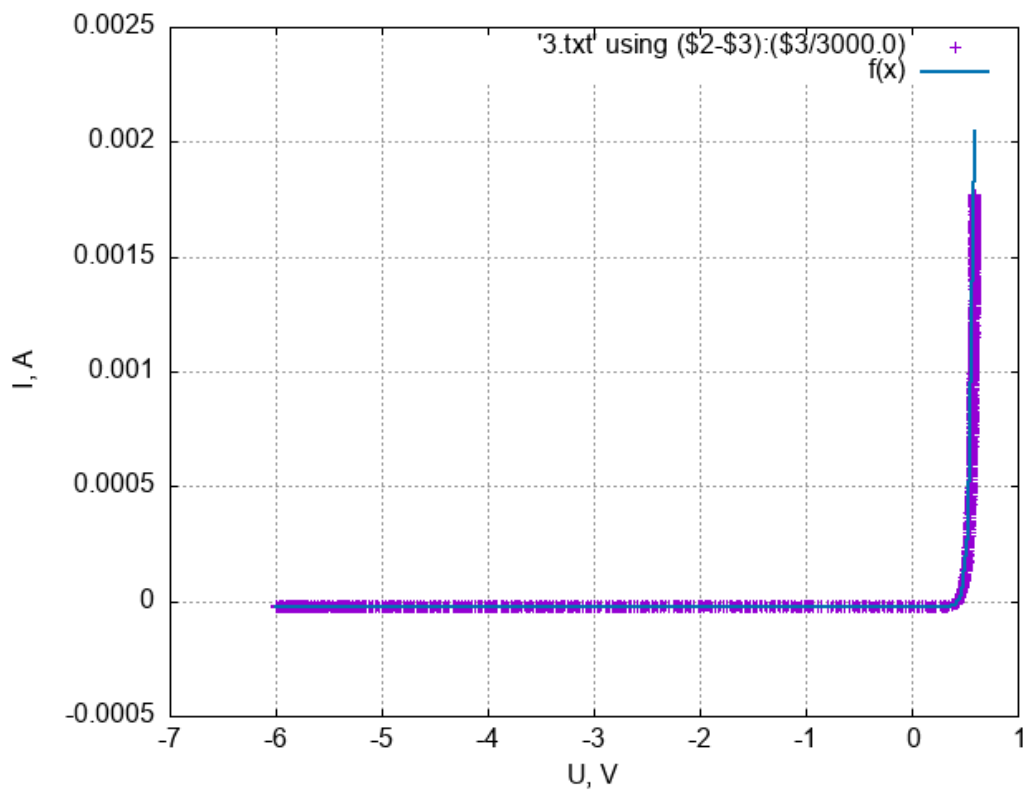


Рис. 5. ВАХ диода, с подгоночной кривой в более крупном масштабе

## 2.5. Ход работы

Соберем установку как на схеме и подумаем, какую зависимость напряжений от времени мы получим в данном эксперименте. С первым вольтметром все просто, он просто показывает

напряжение которое создает генератор осциллографа. Пока оно меньше какого-то значения, характерного для диода, через диод протекает совсем малый ток. Как только напряжение становится больше этого значения пробоя диода, ток через него проходит, испытывая падение напряжения равное по величине этому напряжению пробоя диода. Данную картину мы и наблюдаем, если посмотрим на график  $U_1(t), U_2(t)$ : Исходя из теории теперь построим  $I(U)$ : Попробуем подогнать данный график например экспонентой вида:

$$y = A + B \cdot e^{Cx}$$

Видно, что экспонента отлично описывает расположение экспериментальных точек. получаем значения констант:

$$A = -2,5 \cdot 10^{-5} \pm 0.3 \cdot 10^{-5}$$

$$B = 1,2 \cdot 10^{-10} \pm 0.2 \cdot 10^{-10}$$

$$C = 27.8 \pm 0.3$$

Для полного понимания поведения диода нужно взглянуть на этот график еще и в другом масштабе.

## 2.6. Вывод

Каждая из полученных экспериментально констант имеет какой-то свой физический смысл, характеризующий данный конкретный диод. Например  $A$  - значение тока через диод при большом отрицательном напряжении, то есть значение тока обратного хода диода. Логично, что чем меньше значение этого тока, тем диод может считаться качественнее.  $C$  - показатель того, насколько диод быстро будет набирать проводимость с момента прохода напряжения открытия диода. чем больше  $C$  - тем качественнее диод.  $B$  - можно завести в экспоненту и значение  $B$  и будет обуславливать напряжение открытия диода. Для нашего диода это значение равно 0.47 В. Но все же когда экспонента пересекает ось  $U$  это еще не совсем то значение которое мы ищем, при чуть больших  $U$  ток начнет почти неограниченно вырастать, для этого и нужен был больший масштаб по оси  $I$ . Данное значение для нашего диода равно 0.55 В.